

Министерство просвещения Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ульяновский государственный педагогический университет  
имени И.Н. Ульянова»  
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования  
Кафедра высшей математики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методической  
работе С.Н. Титов

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Программа учебной дисциплины модуля специальных разделов предметной  
области

основной профессиональной образовательной программы высшего  
образования – программы бакалавриата по направлению подготовки  
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки),

направленность (профиль) образовательной программы  
Математика. Экономика

(очная форма обучения)

Составитель: Глухова Н.В.,  
доцент кафедры высшей математики

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-  
математического и технологического образования, протокол от «26» мая  
2023 г. № 5

Ульяновск, 2023

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Экономический анализ систем массового обслуживания» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) модуля специальных разделов предметной области учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы «Математика. Экономика», очной формы обучения, является дисциплиной по выбору.

Дисциплина опирается на результаты обучения, сформированные в рамках дисциплин и практик: Алгебра, Математический анализ, Математическая логика, Введение в экономик-математическое моделирование, Математический анализ в макро и микроэкономике, Анализ экономико-математических зависимостей, математические методы теории принятия решений, Учебная практика по математике, Динамические системы в экономике, Теория игр в риск-менеджменте

Результаты изучения дисциплины являются основой для прохождения практик: Научно-исследовательская работа, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.

### 1. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине

**Целью** освоения дисциплины подготовка учителя к преподаванию предметов «математика» и «экономика» как в общеобразовательных классах, так и в классах с углубленным изучением математики, а также с одаренными детьми.

**Задачей** освоения дисциплины является закрепление умений решать задачи повышенного уровня сложности школьного курса математики, умения логически грамотно рассуждать, строить строгие математические доказательства, формирование представлений о междисциплинарных связях, о роли математики в экономике.

В результате освоения программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения (в таблице представлено соотнесение образовательных результатов обучения по дисциплине с индикаторами достижения компетенций):

Компетенция и индикаторы ее достижения в дисциплине	Образовательные результаты дисциплины (этапы формирования дисциплины)		
	Знает	умеет	владеет
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач УК-1.2. Применяет логические формы и процедуры, способен к рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности.	ОР-1. Знает методы критического анализа и синтеза информации	ОР-2 Умеет применять системный подход для решения поставленных задач	ОР-3 Владеет навыками рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности
ПК-1. Способен	ОР-4. Знает роль и	ОР-6 умеет	ОР-7 владеет

<p>осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач.</p> <p>ПК-1.1. Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета).</p> <p>ПК-1.2. Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО.</p>	<p>место математики в общей картине научного знания;</p> <p>ОР-5. Знает структуру, состав и дидактические единицы содержания школьного курса математики.</p>	<p>осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с современными требованиями к образованию.</p>	<p>действием проектирования различных форм учебных занятий,</p> <p>ОР-8 владеет навыком применения различных методов, приемов и технологий в обучении математике.</p>
<p>ПК-3. Способен формировать развивающую образовательную среду для достижения личностных, предметных и метапредметных результатов обучения средствами преподаваемых учебных предметов.</p> <p>ПК-3.1. Владеет способами интеграции учебных предметов для организации развивающей учебной деятельности (исследовательской,</p>	<p>ОР-9. Знает характеристику личностных, предметных и метапредметных результатов в контексте обучения математике;</p> <p>ОР-10. Знает особенности интеграции учебных предметов для организации разных способов учебной деятельности.</p>	<p>ОР-11 Умеет оказывать педагогическую поддержку обучающимся в зависимости от их образовательных результатов;</p> <p>ОР-12 Умеет организовывать учебный процесс с использованием возможностей образовательной среды для развития интереса к предмету в рамках урочной и внеурочной деятельности.</p>	<p>ОР-13. Владеет навыками организации и проведения занятий с использованием возможностей образовательной среды для достижения образовательных результатов и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами математики.</p>

проектной, групповой и др.).			
---------------------------------	--	--	--

**2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Номер семестра	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации
	Всего		Лекции, час.	Практические занятия, час.	в т. ч. практическая подготовка, час.	Лабораторные занятия, час.	в т. ч. практическая подготовка, час.	Самостоят. работа, час.	
	Трудоемк.								
	Зач. ед.	Часы							
9	3	108	18	30	-	-	-	33	экзамен (27)
Итого:	3	108	18	30	-	-	-	33	27

**3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**3.1. Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения			
	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>9 семестр</b>				
Случайные процессы и цепи Маркова	2	4	-	10
Системы массового обслуживания с отказами.	6	8	-	10
Системы массового обслуживания с очередями	4	10	-	7
Замкнутые системы массового обслуживания (в рамках одной организации)	6	8	-	6
Экзамен	-	-	-	27
<b>Всего по дисциплине:</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>60</b>

### **3.2. Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины**

#### **1. Случайные процессы и цепи Маркова**

Случайные процессы их классификация и основные характеристики, потоки с последствием и без последствия, стационарные и регулярные потоки, процессы с дискретным и непрерывным временем. Интенсивности потоков. Цепи Маркова. Графическое представление цепей Маркова и описание с помощью уравнений. Матричное описание Марковских процессов. Интерактивная форма: групповая дискуссия

#### **2. Системы массового обслуживания с отказами,**

Классификация систем массового обслуживания. Установившийся режим работы системы и переходный период. Каналы обслуживания. Интенсивности потока заявок и потока обслуживаний, методы их оценки. Системы массового обслуживания с отказами. Системы, требующие большого количества сотрудников, выполняющих одинаковые работы. Интенсивность потока выполнения работ. Понятие о простое и упущенной выгоде. Определение вероятности простоя, абсолютной и относительной пропускной способности системы, среднего числа занятых каналов. Чувствительность систем с отказами к расширению или сокращению штата. Математические методы прогнозирования рентабельности процедур расширения или сокращения штата в таких системах. Интерактивная форма: работа в микрогруппах.

#### **3. Системы массового обслуживания с очередями**

Системы массового обслуживания с очередями (ожиданием). Оценки разумной продолжительности очереди и разумного времени ожидания. Системы с ограниченной и неограниченной очередью. Системы с приоритетным обслуживанием отдельных клиентов. Определение средней длины очереди и среднего времени ожидания в проектируемой системе. Чувствительность систем с ожиданием (очередью) к расширению или сокращению штата. Математические методы прогнозирования рентабельности процедур расширения или сокращения штата в таких системах. Интерактивная форма: работа в микрогруппах

#### **4. Замкнутые системы массового обслуживания (в рамках одной организации)**

Понятия о замкнутых и открытых системах массового обслуживания. Примеры замкнутых систем (системы по ремонту выходящего из строя оборудования в отдельно взятой организации, гарантийное обслуживание). Параметры эффективности ремонтного сервиса. Чувствительность таких систем к расширению или сокращению штата. Математические методы прогнозирования рентабельности процедур расширения или сокращения штата в таких системах. Интерактивная форма: работа в микрогруппах

### **4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям

и экзамену. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, написание докладов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом, но материал выступления не должен дублировать лекционный материал. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на практических занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных в практические занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объем самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме выполнения тестовых заданий, кейс-задач, письменных проверочных работ по дисциплине. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена базой тестовых материалов, кейс-задач по разделам дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:

- подготовки к устным докладам;
- подготовка к защите проекта;
- решение задач по дисциплине.

## **ОС-1. Самостоятельная работа**

### Примерный вариант.

1. В таблице приведены данные о количестве клиентов, обслуженных в течение часа двумя специалистами (измерения проводились пять дней подряд).. Проверить гипотезу о достоверности различий

Первый специалист	7	12	10	3	7
Второй специалист	25	27	22	20	20

2. На коммутатор с 3 каналами поступает поток заявок (в среднем 2 заявки в минуту), средняя продолжительность разговора –  $\frac{1}{2}$  минуты. Если все каналы заняты, то заявка получает отказ. Составьте схему переходов и найдите вероятности всех возможных состояний для системы, работающей в установившемся режиме, а также вероятность отказа, среднее число занятых каналов, абсолютную и относительную пропускную способности системы.

## **ОС-2. Групповое интерактивное задание.**

Студенты разбиваются на микрогруппы по 3-4 человека в зависимости от количества студентов в группе, и получают задание разработать план-конспект просветительского или развлекательного мероприятия по тематике динамического программирования  
Примерные темы:

1. Математические методы в уменьшении очередей

2. Как определить число каналов связи, чтобы к нам можно было дозвониться
3. Определение числа обслуживающих и ремонтирующих оборудование
4. Математическое моделирование деятельности супермаркета
5. Математическое моделирование деятельности бензозаправочной станции.

### **ОС-3. Контрольная работа**

#### **Примерный вариант:**

1. На пункт связи с двумя каналами поступает поток звонков (в среднем 4 звонка в минуту), средняя продолжительность разговора – 0.5 минуты. Если оба канала заняты, заявка получает отказ.

а) составить схему переходов и систему уравнений Колмогорова-Эрланга

б) Найти  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  для системы, работающей в установившемся режиме, а также вероятность отказа и среднее число занятых каналов.

2. В магазин с двумя кассами заходит в среднем 3 покупателя за 2 минуты, среднее время обслуживания  $\frac{1}{2}$  минуты. Определить вероятность простоя, среднюю длину очереди, среднее время, проводимое покупателем в очереди.

---

### **ОС-4. Тест**

#### **Примерный вопрос теста**

Для некоторой системы массового обслуживания с 3 каналами и с отказами рассчитаны финальные вероятности (вероятности для системы, работающей в стационарном режиме):

$p_0 = 6/15$ ,  $p_1 = 3/15$ ,  $p_2 = 4/15$ ,  $p_3 = 2/15$  (индекс соответствует количеству работающих каналов). Тогда вероятность того, что пришедшая заявка будет отклонена:

а)  $6/15$ ; б)  $2/15$ ; в)  $13/15$ ; г)  $11/15$ .

*Для самостоятельной подготовки к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать учебно-методические материалы:*

1. Теория вероятностей с элементами математической статистики и анализа систем массового обслуживания. Часть 2. Математическая статистика. Элементы теории случайных процессов и теории массового обслуживания. Учебное пособие для студентов специальности «Управление персоналом» / сост. Н.А. Волкова, Н.В. Глухова. – Ульяновск: УлГПУ, 2010. – 76 с.
2. Исследование операций и математические модели в экономике. Лабораторные работы для студентов специальности «Управление персоналом»: учебно-методическое пособие / составитель Н.В. Глухова. – Ульяновск: УлГПУ, 2009. – 44 с.
3. Глухова Н.В. Методы оптимизации использования трудовых ресурсов. Учебное пособие. – Ульяновск, ФГБОУ ВО, 2017. – 50 с.
4. Глухова Н.В. Теория принятия решений: учебное пособие. / Глухова Н.В. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2017. – 48 с.

**5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у бакалавра компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки бакалавров необходимо используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

**Цель проведения аттестации** – проверка освоения образовательной программы дисциплины-практикума через сформированность образовательных результатов.

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: доклад, тесты по теоретическим вопросам дисциплины, защита практических работ и т.п. Контроль усвоения материала ведется регулярно в течение всего семестра на практических (семинарских, лабораторных) занятиях.

№ п/п	СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ, используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты дисциплины
	<b>Оценочные средства для текущей аттестации</b> ОС-1 Самостоятельная работа ОС-2. Индивидуальное творческое задание. ОС-3. Контрольная работа ОС-4. Тест	ОР-1. Знает методы критического анализа и синтеза информации ОР-2 Умеет применять системный подход для решения поставленных задач ОР-3 Владеет навыками рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности ОР-4. Знает роль и место математики в общей картине научного знания; ОР-5. Знает структуру, состав и дидактические единицы содержания школьного курса математики. ОР-6 умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с современными требованиями к образованию. ОР-7 владеет действием проектирования различных форм учебных занятий, ОР-8 владеет навыком применения различных методов, приемов и технологий в обучении математике. ОР-9. Знает характеристику
	<b>Оценочные средства для промежуточной аттестации зачет (экзамен)</b> ОС-5. Экзамен в форме устного собеседования	



		<p>личностных, предметных и метапредметных результатов в контексте обучения математике;</p> <p>ОР-10. Владеет навыком применения различных методов, приемов и технологий в обучении математике.</p> <p>ОР-11 Умеет оказывать педагогическую поддержку обучающимся в зависимости от их образовательных результатов;</p> <p>ОР-12 Умеет организовывать учебный процесс с использованием возможностей образовательной среды для развития интереса к предмету в рамках урочной и внеурочной деятельности.</p> <p>ОР-13. Владеет навыками организации и проведения занятий с использованием возможностей образовательной среды для достижения образовательных результатов и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами математики.</p>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а так же процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

***Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине***

Материалы для организации текущей аттестации представлены в п.5 программы.

***Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по дисциплине***

**ОС-5. Экзамен в форме устного собеседования**

**Перечень вопросов к экзамену**

1. Случайные процессы их классификация и основные характеристики
2. Марковские цепи. Графическое представление цепей Маркова.
3. Простейшие дифференциальные уравнения и методы их решения.
4. Уравнения с разделяющимися переменными.
5. Схемы гибели и размножения. Дифференциальные уравнения, описывающие данные схемы.
6. Уравнения Колмогорова-Эрланга, описывающие цепи Маркова.
7. Интенсивности потоков заявок и потоков обслуживаний. Время обслуживания и различные типы его распределений.
8. Системы массового обслуживания с отказами и их графы.
9. Расчёт финальных вероятностей состояний для системы с отказами в

- установившемся режиме.
10. Системы массового обслуживания с отказами. Среднее число занятых каналов.
  11. Абсолютная пропускная способность системы массового обслуживания.
  12. Относительная пропускная способность системы массового обслуживания.
  13. Вероятность отказа и простоя в системе массового обслуживания с отказами.
  14. Системы массового обслуживания с ограниченной очередью и её граф.
  15. Расчёт основных характеристик системы массового обслуживания с ограниченной очередью.
  16. Системы массового обслуживания с неограниченной очередью.
  17. Расчёт финальных вероятностей состояний для системы с неограниченной очередью в установившемся режиме.
  18. Определение средней длины очереди.
  19. Определение среднего времени, проводимого заявкой в очереди. Формула Литтла
  20. Закрытые и открытые системы массового обслуживания. Расчёт основных характеристик замкнутых систем.
  21. Системы массового обслуживания с приоритетами.
  22. Элементы теории расписаний в системах массового обслуживания.
  23. Прогнозирование рентабельности системы массового обслуживания по телефону.
  24. Прогнозирование рентабельности систем с несколькими кассами.
  25. Прогнозирование рентабельности замкнутых систем по ремонту оборудования.

В конце изучения дисциплины подводятся итоги работы студентов на лекционных и практических занятиях путем суммирования заработанных баллов в течение семестра.

### **Критерии оценивания знаний обучающихся по дисциплине**

*Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся*

		Посещение лекций	Посещение практических занятий	Работа на практических занятиях	Зачёт
<b>9 семестр</b>	Разбалловка по видам работ	9 x 1=9 баллов	15 x 1=15 баллов	212 баллов	64 балла
	Суммарный макс. Балл	9 баллов max	24 балла max	236 баллов Max	300 баллов max

*Критерии оценивания работы обучающегося по итогам семестра*

<b>Оценка</b>	<b>Баллы (З Э)</b>
«отлично»	271-300
«хорошо»	211-270
«удовлетворительно»	151-210
«неудовлетворительно»	150 и менее

### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Успешное изучение курса требует от обучающихся посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Запись **лекции** – одна из форм активной самостоятельной работы обучающихся, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично

фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. В конце лекции преподаватель оставляет время (5 минут) для того, чтобы обучающиеся имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу. Из-за недостаточного количества аудиторных часов некоторые темы не удастся осветить в полном объеме, поэтому преподаватель, по своему усмотрению, некоторые вопросы выносит на самостоятельную работу студентов, рекомендуя ту или иную литературу. Кроме этого, для лучшего освоения материала и систематизации знаний по дисциплине, необходимо постоянно разбирать материалы лекций по конспектам и учебным пособиям. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

#### **Подготовка к практическим занятиям.**

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект лекций, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале практического занятия преподаватель знакомит студентов с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задания. В течение отведенного времени на выполнение работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. В конце занятия проводится прием выполненных заданий, собеседование со студентом.

Результаты выполнения практических заданий оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

#### **Практическое занятие №1. Основные понятия математической статистики**

1. Из таблицы 1 возьмите подряд 100 чисел, начиная с номера  $4N$ , где  $N$  – номер вашего варианта (дойдя до конца таблицы, перейдите в ее начало). Возьмите в качестве интервалов группировка интервалы  $(0,20), (20,40) \dots (80,100)$  и напишите таблицу эмпирического распределения для этих интервалов. По этой таблице постройте гистограмму и полигон, сосчитайте эмпирическое среднее значение, дисперсию, эмпирическое среднеквадратическое отклонение.

**Таблица №1 Амплитуды экспериментально регистрируемых потенциалов действия**

10	09	73	25	33	76	52	01	35	86	34	67	35	48	76	80	95	90	91	17
37	54	20	48	05	64	89	47	42	96	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02
08	42	26	89	53	19	64	50	93	03	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64
99	01	90	25	29	09	37	67	07	15	38	31	13	11	65	88	67	67	43	97
12	80	79	99	70	80	15	73	61	47	64	03	23	66	53	98	95	11	68	77
66	06	57	47	17	34	07	27	68	50	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85
31	06	01	08	05	45	57	18	24	06	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39
85	26	97	76	02	02	05	16	56	92	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47
22	15	67	16	01	76	72	52	73	62	79	88	03	40	47	40	99	58	39	51
05	94	66	77	42	77	53	12	97	87	01	95	47	73	83	68	41	90	12	26

2. (д/з) Из таблицы 2 возьмите подряд 100 чисел, начиная с номера  $4N$ , где  $N$  – номер вашего варианта (дойдя до конца таблицы, перейдите в ее начало). Возьмите в качестве интервалов группировка интервалы  $(-3,-2), (-2,-1) \dots (2,3)$  и напишите таблицу эмпирического распределения для этих интервалов. По этой таблице постройте гистограмму и полигон, сосчитайте эмпирическое среднее значение, дисперсию, эмпирическое среднеквадратическое отклонение.

**Таблица №2. Экспериментально наблюдаемые отклонения измеряемого рН раствора от нейтрального в процессе проведения эксперимента**

0,414	0,011	0,666	-1,132	-0,410	-1,077	1,484	-0,340	0,789	-0,494	0,364
-------	-------	-------	--------	--------	--------	-------	--------	-------	--------	-------

-1,237	-0,044	-0,111	-0,210	0,931	0,616	-0,377	-0,433	1,048	-0,037	0,759
0,609	-2,043	-2,290	0,404	-0,543	0,486	0,869	0,347	2,816	-0,464	-0,632
-1,614	0,372	-0,074	-0,916	1,314	-0,038	0,673	0,563	-0,107	0,131	-1,808
0,284	0,458	1,307	-1,625	-0,629	-0,504	-0,0056	-0,131	0,048	1,879	-0,952
0,360	-0,119	2,331	1,672	-1,053	0,840	0,246	-0,237	-1,312	1,603	-0,986
-0,566	1,600	0,465	1,951	0,110	0,251	0,116	-0,957	0,190	1,479	-0,402
1,249	1,934	0,070	-1,358	-1,246	-0,959	-1,297	-0,722	0,925	0,783	0,682
0,619	1,826	1,272	-0,945	0,494	0,050	-1,696	1,876	0,063	0,132	1,927
0,544	-0,417	-0,666	-0,104	-0,253	-2,543	-1,133	1,987	0,668	0,360	-1,319
1,183	1,211	1,765	0,035	-0,359	0,193	-1,023	-0,222	-0,616	-0,060	0,209
-0,785	-0,430	-0,298	0,248	-0,088	-1,379	0,295	-0,115	-0,621	-0,618	0,748
0,979	0,906	-0,096	-1,376	1,047	-0,872	-2,200	-1,384	1,425	-0,812	-1,016
-1,095										

3. Построить дискретный вариационный ряд и начертить полигон для следующего распределения размеров  $45+2N$  (для вариантов 1-15) или  $13+2N$  (для вариантов 16-30) пар мужской обуви, проданных в магазине за день (дойдя до конца таблицы, перейдите в ее начало):

39 41 40 42 41 40 42 44 40 43 42 41 43 39 42 41 42 39 41 37 43 41 38 43 42 41 40 41  
38 44 40 39 41 40 42 40 41 42 41 43 38 39 41 41 42

Найдите моду и медиану, среднее значение и среднее квадратическое отклонение.

4. Интерактивная форма: Построить таблицу дискретного вариационного ряда, начертить полигон распределения  $45-N$  (первая микрогруппа)  $53-N$  (вторая микрогруппа)  $2N$  (третья микрогруппа) абитуриентов по числу баллов, полученных ими на приемных экзаменах.. Найти эмпирическую моду, медиану, среднее значение и среднее квадратическое отклонение:

20 19 22 24 21 18 23 17 20 16 15 23 21 24 21 18 23 21 19 20 24 21 20 18 17 22 20 16  
22 18 20 17 21 17 19 20 20 21 18 22 23 21 25 22 20 19 21 24 23 21 19 22 21 19 20 23  
22 25 21 21.

### Практическое занятие № 2. Проверка статистических гипотез. (2 часа)

1. В таблице приведены выборочные данные о количестве клиентов, приобретающих услугу ( $Y$ ) в зависимости от цены ( $X$ ). Найти методом наименьших квадратов уравнение регрессии  $Y$  на  $X$ . Построить его график.

$x_i$	0	5	10	15	20	25	30
$y_i$	3,8	3,4	2,6	2,0	1,7	1,4	1,3

2. На основании Т-критерия Стьюдента проверить гипотезу о достоверности влияния применения компьютеров на некоторый показатель сервисной деятельности.  $Y$  - значения показателя после компьютеризации,  $X$  - до применения компьютеризации.

$x_i$	1,00	1,50	3,00	4,50	5,00
$y_i$	1,25	1,40	1,50	1,75	2,25

- 3 (д/з). В таблице приведены данные об индексе розничных цен на пищевые товары и индексе промышленного производства: написать формулу прогноза среднего индекса производства по цене  $X$ .

Год	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
Индекс цен $x_i$	100	101	113	115	113	113	111	112	115	120
Индекс	64	75	81	91	91	85	96	99	100	93

производства $y_i$										
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Задача 4.** Готовая продукция фирмы за 6 лет соответственно составила (в тысячах рублях) . Для выявления тенденции на ближайший год найти методом наименьших квадратов по этим данным прямую линию, вычислить прогнозируемую прибыль на следующий год и доверительный интервал для нее.

Год $x_i$	1989	1990	1991	1992	1993
Продукция $y_i$	18	21	26	22	25

**Задача 5.** для 10 партий товара имеем следующие значения размера  $X$  партии и затрат времени на ее производство  $Y$  .

$x_i$	10	15	16	8	15	20	18	15	12	17
$y_i$	50	63	61	50	56	72	62	60	54	70

Сосчитать эмпирический коэффициент корреляции и на его основе сделать вывод о наличии и виде зависимости размера партии товара от затрат на ее производство. Построить методом наименьших квадратов прямую, изображающую эту зависимость. Вычислить среднее значение затрат для партии размера  $x = 13$ .

Интерактивная форма – группа разбивается на микрогруппы, каждая микрогруппа выписывает данные о своих результатах ЕГЭ по математике и о результатах экзаменационной сессии по математике за прошлый год (как вариант – суммарный балл ЕГЭ и суммарный был за экзаменационную сессию). Затем каждая микрогруппа анализирует гипотезу о наличии корреляции между этими данными.

**Задача 6.** в таблице представлены данные о посещениях клиентов СМО в течении 5 недель. Проверить гипотезу о достоверности различий для разных дней недели

Понедельник	5	6	4	7	6
Вторник	7	12	10	3	7
Среда	8	11	6	4	10
Четверг	9	8	5	8	9
Пятница	7	4	8	6	8
Суббота	23	24	25	21	18
Воскресенье	25	27	22	20	20

### Практическое занятие № 3. Системы Колмогорова-Эрланга для СМО с отказами. (2 часа)

1. На пункт связи с двумя каналами поступает поток звонков (в среднем 2 звонка в минуту), средняя продолжительность разговора – 3 минуты. Если оба канала заняты, заявка получает отказ.

а) составьте схему переходов и систему уравнений Колмогорова-Эрланга;

б) найдите  $p_0, p_1, p_2$  для системы, работающей в установившемся режиме, а также вероятность отказа, абсолютную и относительную пропускную способность системы и

среднее число занятых каналов. Как изменятся характеристики системы, если количество каналов увеличится до 3?

2. В одноканальной СМО с отказами интенсивность потока заявок равна двум заявкам в час, а интенсивность потока обслуживаний составляет  $\frac{1}{2}$  заявки в час. Составьте схему переходов, систему дифференциальных уравнений Колмогорова-Эрланга и найдите вероятностные характеристики работы СМО в установившемся режиме.

3. На пункт связи с тремя каналами поступает поток звонков (в среднем 2 звонка в минуту), средняя продолжительность разговора – 4 минуты. Если все каналы заняты, заявка получает отказ.

а) составьте схему переходов и систему уравнений Колмогорова-Эрланга;

б) найдите  $p_0, p_1, p_2, p_3$  для системы, работающей в установившемся режиме, а также вероятность отказа, абсолютную и относительную пропускную способность системы и среднее число занятых каналов. Как изменятся характеристики системы, если сократить количество каналов?

#### **Практическое занятие № 4. Характеристики СМО с отказами (2 часа).**

1. Станция имеет 4 линии связи. На станцию в среднем поступает 4 вызова в минуту, среднее время разговора составляет 1 минуту. Если все линии заняты, заявка получает отказ. Составьте схему переходов и систему уравнений Колмогорова-Эрланга. Найдите финальные вероятности системы.

2. В систему массового обслуживания с 3 каналами поступает поток заявок (в среднем 2 заявки в минуту), средняя скорость работы одного канала – 2 заявки в минуту. Если все каналы заняты, то заявка получает отказ. Найти финальные вероятности для данной системы, работающей в установившемся режиме, а также вероятность отказа, абсолютную и относительную пропускную способность системы и среднее число занятых каналов.

Интерактивная форма: 4 микрогруппы проводят анализ возможностей улучшения описанных систем с разных позиций и нескольких возможных критериев (первая – задачи № 1 в сторону увеличения числа обслуживающих каналов на единицу, вторая – в сторону уменьшения, третья и четвертая – тоже для задачи № 2). Проводится обсуждение результатов. Каждая микрогруппа обоснованно предлагает ситуации, в которых увеличение или уменьшение значения каждого критерия будет оправдано экономическими соображениями и соображениями повышения качества сервиса.

#### **Практическое занятие № 5. Анализ эффективности работы СМО с отказами.**

1. На коммутатор с тремя каналами поступает поток звонков (в среднем 3 звонка в минуту), средняя продолжительность разговора – 2 минуты. Если все каналы заняты в момент поступления звонка, то он не обслуживается. Коммутатор работает 14 часов в день (с 8 утра до 10 вечера). Содержание данного коммутатора обходится в 200 рублей в день. Каждый обслуженный звонок приносит прибыль – 50 копеек (без учёта содержания коммутатора). Определите среднюю дневную прибыль от данного коммутатора. Посоветовали бы Вы увеличить или уменьшить количество каналов?

2. В пункт социальной помощи населению по телефону обращаются в среднем 2 человека в минуту, средняя продолжительность разговора – 3 минуты. Какое количество телефонных номеров следует установить в пункте, чтобы не менее 90 % позвонивших могли дозвониться с первого раза.

Интерактивная форма – работа по микрогруппам – каждая микрогруппа пытается вывести общий алгоритм решения задачи № 2, затем производится анализ полученных решений.

### **Практическое занятие № 6. Анализ эффективности работы СМО с отказами (2 часа).**

1. Имеется станция связи с тремя каналами. Интенсивность потока заявок составляет 1,5 заявки в минуту. Среднее время обслуживания одной заявки – 2 минуты. Найдите финальные вероятности состояний и характеристики эффективности СМО: абсолютную и относительную пропускную способность, вероятность отказа, среднее число занятых каналов. Какое количество каналов необходимо для обслуживания не менее 80 % заявок?

2. Станция имеет 3 линии связи. На станцию в среднем поступает 4 вызова в минуту, среднее время разговора составляет 1 минуту. Если все линии заняты, заявка получает отказ. Найдите финальные вероятности системы и её характеристики. Дайте рекомендации.

3. На АТС с четырьмя линиями поступает в среднем 3 вызова в минуту. Среднее время разговора составляет 2 минуты. Найдите вероятность отказа и среднее число занятых линий.

**Содержание внеаудиторной работы студента при подготовке к занятию:** подготовка к контрольной работе (повторение материала всех предшествующих лекционных и практических занятий).

### **Практическое занятие № 7. СМО с ограниченной очередью (2 часа).**

1) В магазин с двумя продавцами заходит в среднем 10 покупателей в час, средняя скорость обслуживания для одного продавца – 10 покупателей в час. Определите вероятностные характеристики системы, если ожидать своей очереди в данном магазине будут одновременно не более 2 покупателей.

2) На автозаправочной станции имеется 4 заправочные колонки, заправка машины длится в среднем 3 минуты. Интенсивность потока подъезжающих к станции машин – одна машина в минуту. Если все колонки заняты, машины ожидают очереди. Найдите вероятность простоя данной автозаправочной станции, если: а) в очередь могут встать не более 2 машин; б) количество мест в очереди не ограничено.

3) В развлекательный центр с тремя кассами заходит в среднем 1 клиент за 2 минуты, средняя скорость обслуживания 1.5 заказа в минуту. Определить вероятность простоя, среднюю длину очереди, среднее время, проводимое покупателем в очереди, если известно, что большинство покупателей не будут ожидать своей очереди, если она составит более трех человек.

### **Практическое занятие № 8. СМО с ограниченной и неограниченной очередью (2 часа).**

1. На автозаправочной станции имеется 4 заправочные колонки, заправка машины длится в среднем 3 минуты. Интенсивность потока подъезжающих к станции машин – одна машина в минуту. Если все колонки заняты, машины ожидают очереди. Найдите вероятность простоя данной автозаправочной станции, если: а) в очередь могут встать не более 2 машин; б) количество мест в очереди не ограничено.

2. Пусть имеется две кассы продающие билеты в два разных города. Интенсивность потока клиентов – 5 клиентов в минуту (в среднем половина клиентов желает отправиться в один город, а вторая половина – в другой). Скорость обслуживания клиентов одной кассой – три клиента в минуту. Что выгоднее, продавать в одной кассе билеты в один город, а в другой – в другой, или продавать в обеих кассах билеты в оба города сразу? а) скорость обслуживания не меняется существенно от того, в один или в

два города продает билеты касса. б) скорость обслуживания одного клиента при специализации касс уменьшается на 5 секунд.

**Содержание внеаудиторной работы студента при подготовке к занятию:**  
решить задачу № 2 б.

#### **Практическое занятие № 9. СМО с неограниченной очередью(2 часа).**

1. Мимо бензозаправочной станции с тремя колонками проезжает за одну минуту в среднем 3 автомобиля, которым необходима заправка. Средняя скорость обслуживания – 2 заправки в минуту. Определить финальные вероятности системы, если они существуют, среднюю длину очереди и среднее время, проводимое клиентами в очереди.

2. В магазин в среднем обращается 3 покупателя в минуту, скорость обслуживания одного покупателя одним продавцом – 2 минуты. Какое количество продавцов достаточно для работы в одну смену, чтобы покупатели не стояли в очереди на обслуживание более 3 минут?

3. В магазин с двумя кассами заходит в среднем 1 покупатель за 3 минуты, среднее время обслуживания одного покупателя составляет  $\frac{1}{2}$  минуты. Определить вероятность простоя, среднюю длину очереди, среднее время, проводимое покупателем в очереди.

**Содержание внеаудиторной работы студента при подготовке к занятию:**  
решить задачу № 3.

#### **Практическое занятие № 10. СМО с неограниченной очередью (2 часа).**

1. В СМО с тремя каналами и неограниченной очередью поступает поток заявок с интенсивностью 5 заявок в минуту. Среднее время обслуживания одной заявки равно  $\frac{1}{2}$  минуты. Найдите вероятность того, что все каналы свободны, что все каналы заняты, среднюю длину очереди и среднее время ожидания в очереди.

2. В трёхканальную СМО с очередью поступает поток заявок (в среднем 5 заявок в час). Время обслуживания одной заявки в среднем составляет 30 минут. Найдите вероятность того, что в данной системе нет очереди.

3. В гостинице с тремя стойками регистрации заходит в среднем 4 клиента в минуту, средняя скорость обслуживания 3 заявки в минуту. Определить вероятность простоя, среднюю длину очереди, среднее время, проводимое покупателем в очереди.

**Содержание внеаудиторной работы студента при подготовке к занятию:**  
решить задачу № 3.

#### **Практическое занятие № 11. СМО с неограниченной очередью (2 часа).**

1. В аэропорт с двумя кассами обращаются в среднем 10 пассажиров в час. Найдите вероятностные характеристики данной системы, среднюю длину очереди, среднее время в очереди, если одна касса успевает за час обслужить а) 10 человек, б) 5 человек.

2. В мастерской по ремонту аппаратуры работает 4 мастера. В среднем для ремонта поступает 6 аппаратов в день, а каждый мастер за день успевает отремонтировать 2 аппарата. Найдите вероятность того, что заявка будет обслужена сразу же и среднюю длину очереди.

3. В развлекательный центр с двумя кассами заходит в среднем 4 клиента в минуту, среднее время обслуживания клиента у кассы 2 минуты. Что можно сказать о работе данной системы? Какие рекомендации можно дать владельцу данного развлекательного центра?

**Содержание внеаудиторной работы студента при подготовке к занятию:**  
решить задачу № 3.

#### **Практическое занятие № 12. Творческое задание по микрогруппам (ОС-2)**



## Практическое занятие № 13. Замкнутые СМО

### Задания к занятию.

1. В небольшой гостинице с десятью номерами работают четыре рассыльных в две смены (по два рассыльных в каждую смену), в среднем заказы из каждого номера на доставку поступают один раз в 3 часа. Среднее время выполнения одного заказа – 20 минут (заказы принимаются с 8.00 до 24.00). Найдите вероятностные характеристики системы. Определите, следует ли увеличить или уменьшить количество обслуживающего персонала, если за доставку одного заказа гостиница получает с клиентов добавочную прибыль 200 рублей, а зарплата каждого рассыльного составляет 1000 рублей в день.

аэропорт с двумя кассами обращаются в среднем 10 пассажиров в час. Найдите вероятностные характеристики данной системы, среднюю длину очереди, среднее время в очереди, если одна касса успевает за час обслужить а) 10 человек, б) 5 человек.

2. В мастерской по ремонту компьютеров работает 3 мастера. Фирма обслуживает 20 клиентов. В среднем для ремонта поступает 6 компьютеров в месяц, а каждый мастер успевает отремонтировать компьютер в среднем за 3 дня. Найдите вероятность того, что заявка будет обслужена сразу же и среднюю длину очереди.

3. В закрытый развлекательный центр для клиентов гостиницы с двумя аттракционами заходит в среднем 5 клиентов в час, время обслуживания клиента на аттракционе – 20 минут. Найдите вероятностные характеристики работы системы, если в гостинице проживает одновременно не более 30 клиентов. Какие рекомендации можно дать руководству? Какова должна быть длительность дополнительных развлекательных мероприятий для клиентов, ожидающих своей очереди.

## Практическое занятие № 14. Замкнутые СМО

Задача. Пусть для обслуживания 10 персональных компьютеров (ПК) выделено два инженера одинаковой производительности. Поток отказов одного компьютера – пуассоновский с интенсивностью  $\lambda = 0.2$ . Время обслуживания ПК подчиняется показательному закону. Среднее время обслуживания одного ПК одним инженером составляет 1.25 час. Возможны следующие варианты организации обслуживания ПК:

1) оба инженера обслуживают все 10 компьютеров, так что при отказе ПК его обслуживает один из свободных инженеров, в этом случае  $R=2, N=10$ ;

2) каждый из двух инженеров обслуживает по пять закрепленных за ним ПК. В этом случае  $R=1, N=5$ .

Выберите наилучший вариант организации обслуживания ПК.

### Задания к занятию.

Рассматривается система ремонта энергооборудования. Под требованием можно понимать различные неисправности, поломки оборудования, а под обслуживанием — устранение этих неисправностей, т. е. ремонт оборудования. Ремонтную бригаду можно рассматривать как обслуживающую систему, а ремонтных рабочих как ее составляющие (обслуживающий аппарат).

Во время рабочей смены может случиться, что вышедшее из строя оборудование некому будет ремонтировать, так как все ремонтные рабочие будут заняты ремонтом оборудования, ранее вышедшего из строя. В таком случае оно будет ждать начала обслуживания до тех пор, пока освободится кто-либо из ремонтных рабочих. Если неисправного оборудования оказывается больше наличия свободных ремонтных рабочих, то образуется очередь. В нашем примере входящим потоком в обслуживающую систему будут требования на устранение различных поломок и неисправностей в оборудовании; выходящим потоком — исправное оборудование.

Применение теории массового обслуживания рассмотрим на примере ремонта электрооборудования металлорежущих станков в цехе машиностроительного завода.

Функционирование ремонтной службы цеха происходит следующим образом. В главном проходе цеха находится доска требований, на которую заносится номер станка, имеющего мелкую поломку или аварию. Через некоторое время к доске подходит свободный ремонтный рабочий и идет обслуживать данный станок. За исключением очень редких случаев требования обслуживаются в порядке их поступления.

В течение 30 дней проводились наблюдения за поступлением и обслуживанием требований. Появление записи на доске считалось началом поступления требования; когда ремонтный рабочий стирал номер, то этот момент принимался за окончание обслуживания. Время нахождения требования на доске считалось временем простоя станка. Наблюдения велись по схеме, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Схема выборочного обследования аварийности электрооборудования механического цеха

Дата наблюдений	Часы наблюдений (с начала смены)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	16	×	×				
2	17		×				
3	18		×				
4	19			×			
5	20				×		
6	21					×	
7	22					×	×
8	23				×	×	
9	24				×		
10	25			×			
11	26		×	×			
12	27		×				
13	28	×	×	×			
14	29					×	
15	30	×	×	×	×	×	×

Из схемы видно, что наблюдения велись по два часа в день по скользящему графику. Кроме того, были проведены контрольные наблюдения по 4, 3 и 7 ч соответственно на 13, 14 и 15- и (28, 29 и 30) день наблюдений. В выборочное обследование были включены наиболее характерные моменты производственной деятельности цеха: начало, середина и конец рабочего дня, рабочей недели, месяца, предпраздничные и послепраздничные дни. Результаты наблюдений фиксировались через каждые 10 мин.

После 10 дней наблюдений (по 2 ч в день) была проведена первоначальная обработка результатов с целью оценки репрезентативного числа наблюдений.

Так как каждое наблюдение проводилось по 2 ч, то всего при заданной точности расчетов требуется 56 ч наблюдений. Наблюдения проводились 76 ч, что вполне достаточно для получения достоверных результатов. Число станков в цехе — 480. Ремонтная бригада состоит из 9 человек. Требование, поступившее в систему обслуживания (т. е. неисправность электрооборудования на каком-либо станке), может покинуть ее только тогда, когда оно полностью устранено. Требования, ожидающих обслуживания, может накопиться довольно много. В таком случае совокупность требований образует очередь. Требования обслуживаются в порядке их поступления. Рассматриваемая система обслуживания является системой с ожиданием или системой без потерь.

На основании проведенных наблюдений построена характеристика потока требований. В 10-минутный интервал либо не поступало ни одного требования, либо поступало только одно требование. В результате обработки этих наблюдений составьте таблицу частот и распределения вероятностей поступления требований на ремонтное обслуживание.

Определите следующие критерии, характеризующими качество функционирования рассматриваемой системы: средняя длина очереди; коэффициент простоя оборудования в ожидании ремонта; среднее число требований, находящихся в обслуживающей системе;

среднее число свободных обслуживающих аппаратов; коэффициент простоя обслуживающего аппарата. (решение осуществляется в микрогруппах и с применением технических средств).

### **Практическое занятие № 15. Контрольная работа (ОС-3)**

Примерный Вариант:

1. В магазин с двумя кассами заходит в среднем 3 покупателя в минуту, среднее время обслуживания  $\frac{1}{2}$  минуты. Определить вероятность простоя, среднюю длину очереди, среднее время, проводимое покупателем в очереди.

2. В мастерской по ремонту аппаратуры работает 3 мастера. В среднем для ремонта поступает 5 аппаратов в день, а каждый мастер за день успевает отремонтировать 2 аппарата. Найдите вероятность того, что заявка будет обслужена сразу же и среднюю длину очереди.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

### **Основная литература**

1. Рыков, В. В. Основы теории массового обслуживания (Основной курс: марковские модели, методы марковизации) : учебное пособие / В.В. Рыков, Д.В. Козырев. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 223 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-010945-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1290321>)
2. Вентцель (И. Грекова), Е.С. Введение в исследование операций : [16+] / Е.С. Вентцель (И. Грекова). – Москва : Издательство Советское радио, 1964. – 392 с. – Режим доступа: по подписке. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=473745>

### **Дополнительная литература**

1. Соколов Г.А. Линейные целочисленные задачи оптимизации : учеб. пособие. — М. : ИНФРА-М, 2020. — 132 с. (<http://znanium.com/bookread2.php?book=1106387>)
2. Малугин В. А. Количественный анализ в экономике и менеджменте: Учебник / Малугин В.А., Фадеева Л.Н. - М.:НИЦ ИНФРА-М, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 615 с. (URL: <https://znanium.com/catalog/product/558504>)
3. Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. Методы оптимальных решений. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 384 с. (<http://znanium.com/bookread2.php?book=944821>)
4. Белько И.В. Теория вероятностей, математическая статистика, математическое программирование: учебное пособие / И.В. Белько, И.М. Морозова, Е.А. Криштапович. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 299 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1862599> (<https://znanium.com/read?id=395044>)
5. Горбовцов Г.Я. Исследование операций в экономике: учебное пособие М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2006. – 117 с. (Электронный ресурс: «Университетская библиотека онлайн» [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=90615](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=90615))

### **– Интернет-ресурсы**

- ЭБС ZNANIUM.COM <http://znanium.com>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>
- Электронная библиотека <http://lib.mexmat.ru/books/75829> (свободный доступ)
- Электронная библиотека <http://www.razym.ru> (свободный доступ)

- [http://nsportal.ru/sites/default/files/2012/12/10/tvorcheskiy\\_proekt\\_po\\_matematike\\_na\\_temu.docx](http://nsportal.ru/sites/default/files/2012/12/10/tvorcheskiy_proekt_po_matematike_na_temu.docx) (Дата обращения: 01.04.2015).

Лист согласования рабочей программы  
учебной дисциплины (практики)

**Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование**  
**Профиль: Математика. Экономика**  
**Рабочая программа Экономический анализ систем массового обслуживания**  
**Составитель: Н.В. Глухова – Ульяновск: УлГПУ, 2023.**

Программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профиль подготовки «Математика. Экономика» утверждённого Министерством образования и науки Российской Федерации, и в соответствии с учебным планом.

Составители  Н.В. Глухова (подпись)

Рабочая программа учебной дисциплины (практики) одобрена на заседании кафедры высшей математики «23» мая 2023г., протокол № 10  
Заведующий кафедрой

 И.В. Столярова 23.05.23  
личная подпись      расшифровка подписи      дата

Рабочая программа учебной дисциплины (практики) согласована с библиотекой

Сотрудник библиотеки  Ю.Б. Марсакова 18.05.23  
личная подпись      расшифровка подписи      дата

Программа рассмотрена и одобрена на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования «26» мая 2023г., протокол № 5

Председатель ученого совета факультета физико-математического и технологического образования

 Е.М. Громова 26.05.23  
личная подпись      расшифровка подписи      дата